

Analiza poziomu niezawodności zasilania odbiorców w elektroenergetycznych sieciach dystrybucyjnych

Streszczenie. W referacie przedstawiono analizę wskaźników dotyczących przerw w zasilaniu odbiorców energii elektrycznej podawanych przez operatorów systemów dystrybucyjnych (OSD) oraz w skali całego kraju. Przedstawiono dane na temat wartości tych wskaźników w Polsce, jak również informacje o wybranych cechach charakterystycznych sieci dystrybucyjnych zarządzanych przez OSD. Zaprezentowano dane na temat wartości wskaźnika SAIDI dotyczącego średniej długości przerw w dostawie energii w Niemczech. W referacie poruszono także kwestię regulacji jakościowej. Referat zakończono podsumowaniem i przedstawieniem wniosków końcowych.

Abstract. Analysis of indexes concerning interruptions in supply of electricity consumers, both the ones published by distribution system operators (DSOs) and the ones for the whole country range, has been presented in the paper. Data on the indexes values in Poland, as well as information about chosen characteristic features of distribution networks managed by DSOs have been shown. Data about SAIDI index values concerning mean duration of interruptions of electricity delivery in Germany have been presented. Issue of quality regulation has been also mentioned in the paper. Summary and final conclusions have been included at the end of the paper. (*Analysis of supply reliability level of electricity consumers in electric power distribution grids*).

Słowa kluczowe: niezawodność zasilania, regulacja jakościowa, elektroenergetyczne sieci dystrybucyjne.

Keywords: reliability of supply, quality regulation, electric power distribution grids.

Wprowadzenie

Niezawodność zasilania odbiorców energii elektrycznej jest jednym z podstawowych parametrów jakości dostarczanej energii. Obserwuje się wzrastające znaczenie tego parametru dostawy energii w ostatnich latach.

W referacie została przedstawiona analiza podawanych przez operatorów systemów dystrybucyjnych (OSD) danych wynikających z realizacji obowiązku określonego w Rozporządzeniu Ministra Gospodarki z 7 maja 2007 roku w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu elektroenergetycznego. Przedstawione zostały informacje na temat zmienności w kolejnych latach wskaźników dotyczących częstości i czasu trwania przerw w dostarczaniu energii elektrycznej u wybranych OSD. Podane zostały również dane statystyczne dotyczące sieci dystrybucyjnych zarządzanych przez analizowanych OSD. Zagadnienia dotyczące niezawodności dostaw energii elektrycznej do odbiorców były m.in. przedmiotem rozważań w [1, 2, 3].

Ponadto, w referacie zostały również przedstawione rozważania na temat regulacji jakościowej (bodźcowej), która pozwalałaby na osiąganie przez OSD dodatkowych zysków lub prowadziłaby do ponoszenia strat, będących konsekwencją uzyskiwanych wartości wybranych wskaźników niezawodności zasilania w sieciach elektroenergetycznych przez nich zarządzanych.

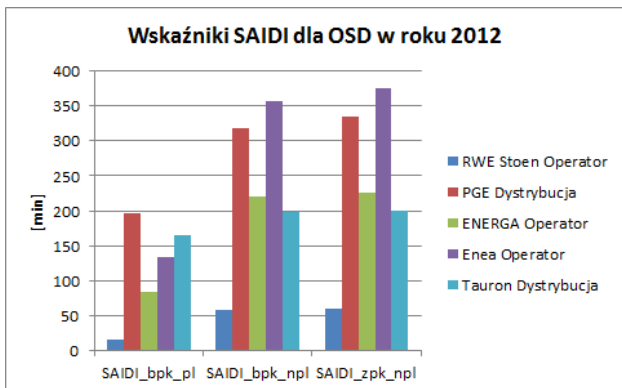
W końcowej części referatu zostały przedstawione spostrzeżenia i wnioski dotyczące analizowanej tematyki, tj. poziomu niezawodności zasilania odbiorców zapewnianego przez OSD.

Wskaźniki dotyczące przerw w dostarczaniu energii elektrycznej

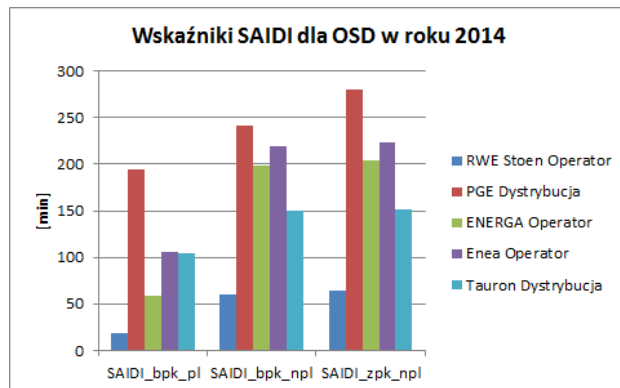
Wszystkie przerwy w dostarczaniu energii elektrycznej, zgodnie z §40 ust. 2 Rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 7 maja 2007 roku w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu elektroenergetycznego [4], dzieli się na:

- przerwy przemijające (mikroprzerwy), tj. przerwy trwające nie dłużej niż 1 sekundę;
- przerwy krótkie, tj. takie które trwają dłużej niż 1 sekundę i nie dłużej niż 3 minuty;
- przerwy długie, tj. przerwy trwające dłużej niż 3 minuty i nie dłużej niż 12 godzin;
- przerwy bardzo długie, tj. takie które trwają dłużej niż 12 godzin i nie dłużej niż 24 godziny;
- przerwy katastrofalne, tj. przerwy trwające dłużej niż 24 godziny.

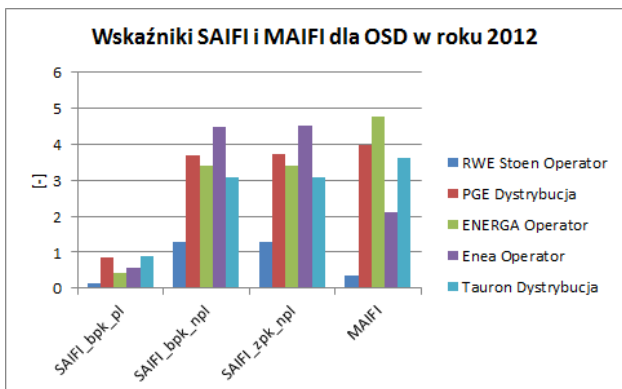
OSD mają obowiązek podawania corocznie wartości następujących wskaźników: przeciętnego systemowego czasu trwania przerwy długiej i bardzo długiej (SAIDI), przeciętnej systemowej częstości przerw długich i bardzo długich (SAIFI) oraz przeciętnej częstości przerw krótkich (MAIFI). Wskaźniki SAIDI oraz SAIFI powinny być podane oddzielnie dla przerw planowanych i nieplanowanych z uwzględnieniem przerw katastrofalnych oraz bez uwzględnienia tego typu przerw. OSD jest zobowiązany również do podania liczby obsługiwanych odbiorców przyjętej do wyznaczania wymienionych wskaźników. Definicje wskaźników SAIDI, SAIFI i MAIFI zostały podane w wielu źródłach literaturowych, m.in. w [2, 4].



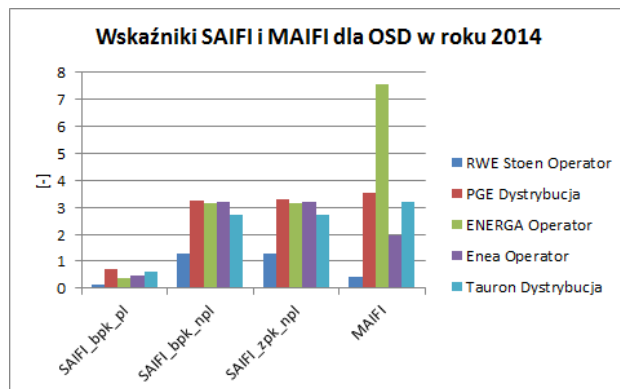
Rys. 1. Wartości wskaźników SAIDI dla analizowanych OSD w roku 2012; opracowano na podstawie [5 ÷ 10]



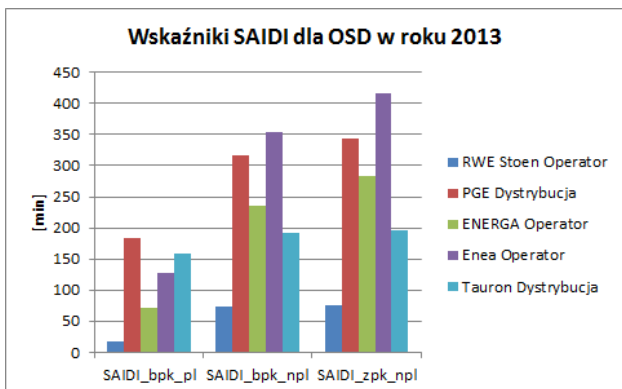
Rys. 5. Wartości wskaźników SAIDI dla analizowanych OSD w roku 2014; opracowano na podstawie [5 ÷ 10]



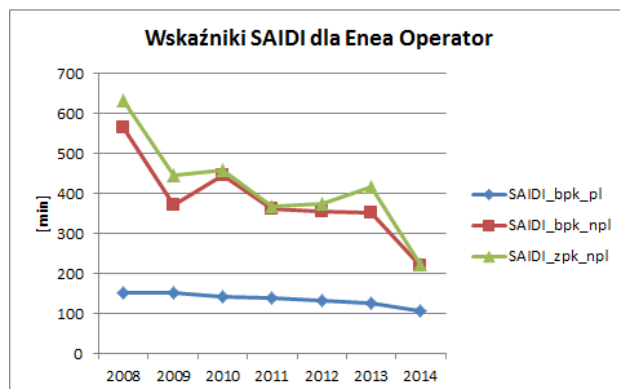
Rys. 2. Wartości wskaźników SAIIFI i MAIFI dla analizowanych OSD w roku 2012; opracowano na podstawie [5 ÷ 10]



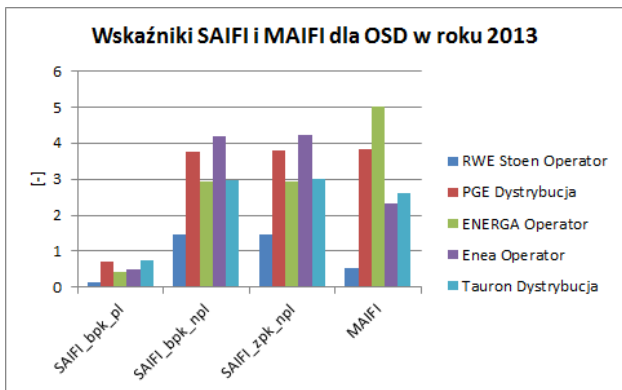
Rys. 6. Wartości wskaźników SAIIFI i MAIFI dla analizowanych OSD w roku 2014; opracowano na podstawie [5 ÷ 10]



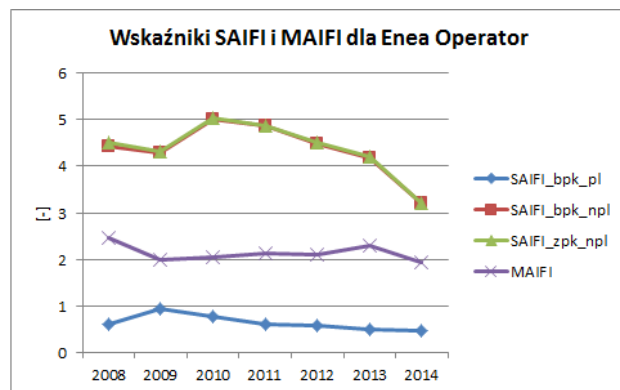
Rys. 3. Wartości wskaźników SAIDI dla analizowanych OSD w roku 2013; opracowano na podstawie [5 ÷ 10]



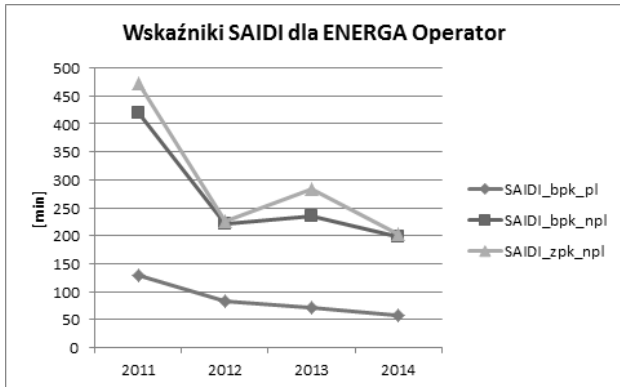
Rys. 7. Wartości wskaźników SAIDI dla Enea Operator Sp. z o. o. w latach 2008 ÷ 2014; opracowano na podstawie [5]



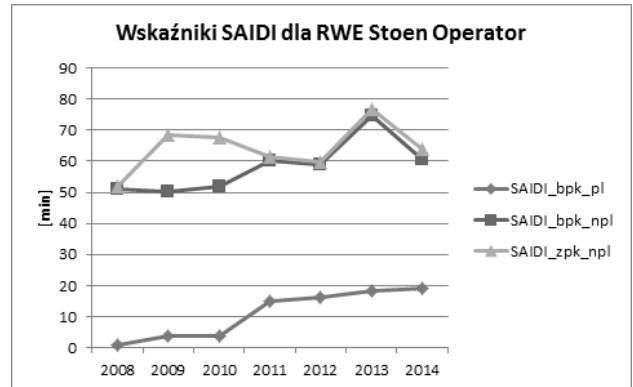
Rys. 4. Wartości wskaźników SAIIFI i MAIFI dla analizowanych OSD w roku 2013; opracowano na podstawie [5 ÷ 10]



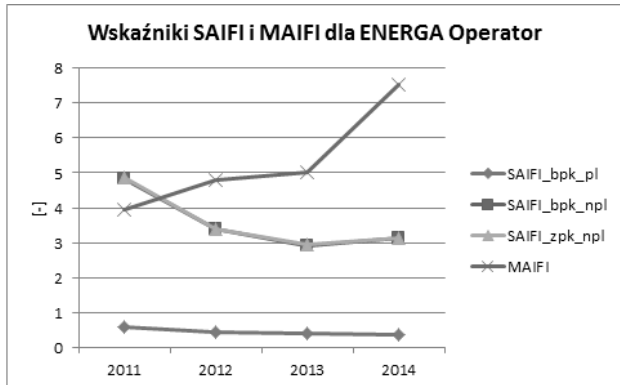
Rys. 8. Wartości wskaźników SAIIFI i MAIFI dla Enea Operator Sp. z o. o. w latach 2008 ÷ 2014; opracowano na podstawie [5]



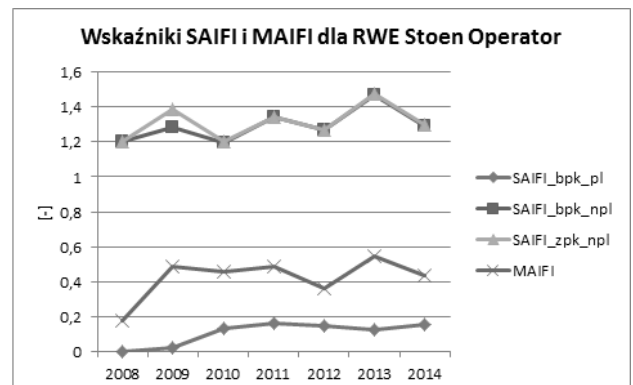
Rys. 9. Wartości wskaźników SAIDI dla ENERGA Operator S.A. w latach 2011 ÷ 2014; opracowano na podstawie [6, 11]



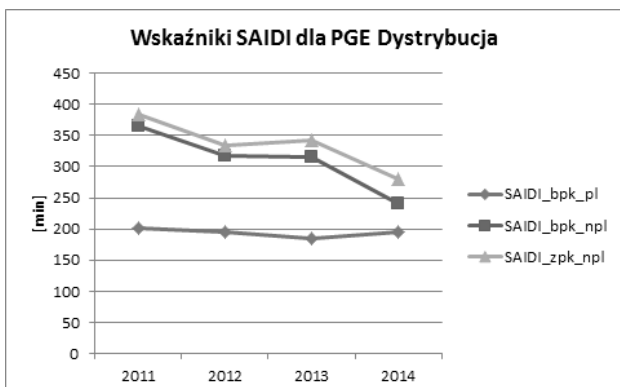
Rys. 13. Wartości wskaźników SAIDI dla RWE Stoen Operator Sp. z o. o. w latach 2008 ÷ 2014; opracowano na podstawie [8, 10]



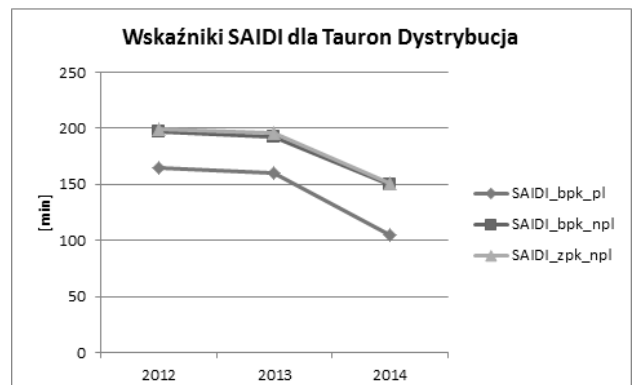
Rys. 10. Wartości wskaźników SAIFI i MAIFI dla ENERGA Operator S.A. w latach 2011 ÷ 2014; opracowano na podstawie [6, 11]



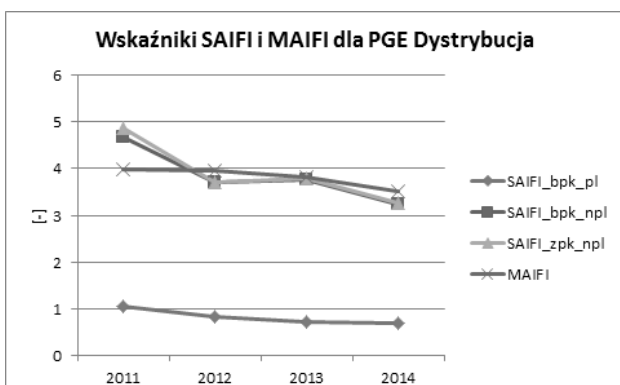
Rys. 14. Wartości wskaźników SAIFI i MAIFI dla RWE Stoen Operator Sp. z o. o. w latach 2008 ÷ 2014; opracowano na podstawie [8, 10]



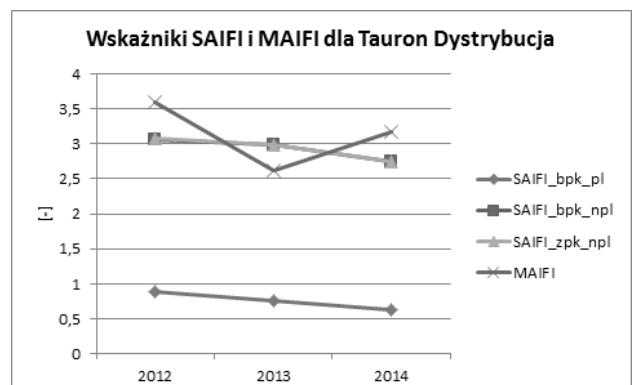
Rys. 11. Wartości wskaźników SAIDI dla PGE Dystrybucja S.A. w latach 2011 ÷ 2014; opracowano na podstawie [7, 11]



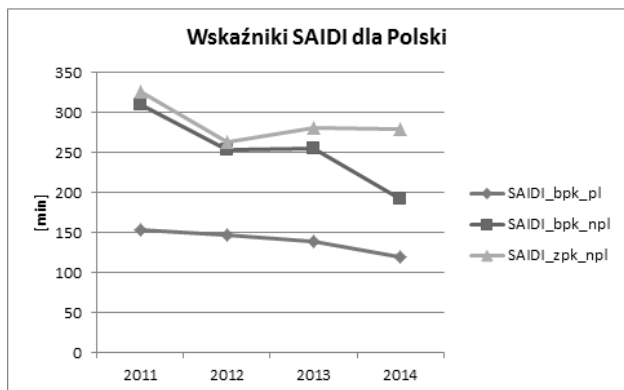
Rys. 15. Wartości wskaźników SAIDI dla Tauron Dystrybucja S.A. w latach 2012 ÷ 2014; opracowano na podstawie [9, 11]



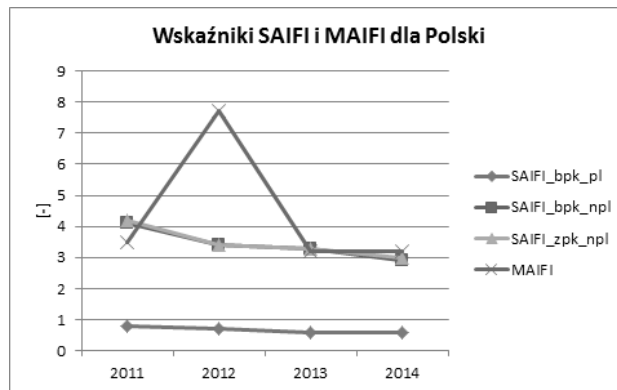
Rys. 12. Wartości wskaźników SAIFI i MAIFI dla PGE Dystrybucja S.A. w latach 2011 ÷ 2014; opracowano na podstawie [7, 11]



Rys. 16. Wartości wskaźników SAIFI i MAIFI dla Tauron Dystrybucja S.A. w latach 2012 ÷ 2014; opracowano na podstawie [9, 11]



Rys. 17. Wartości wskaźników SAIDI dla Polski w latach 2011 ÷ 2014; opracowano na podstawie [12, 13, 14]



Rys. 18. Wartości wskaźników SAIFI i MAIFI dla Polski w latach 2011 ÷ 2014; opracowano na podstawie [12, 13, 14]

Tabela 1. Dane charakterystyczne sieci elektroenergetycznych należących do OSD na koniec roku 2014 [5, 6, 7, 8, 9, 15]

OSD	Powierz. [km ²]	Linie el.-en. 220 kV		Linie el.- en. 110 kV		Linie el.- en. SN		Linie el.- en. nn		Stacje i rozdzielnie el.- en.		
		napow.	kablowe	napow.	kablowe	napow.	kablowe	napow.	kablowe	220 kV	110 kV	SN
		[km]	[km]	[km]	[km]	[km]	[km]	[km]	[km]	[szt.]	[szt.]	[szt.]
RWE Stoen Operator	510	8	-	386	92	294	6998	1334	5324	1	38	6176
PGE Dystrybucja	122433	325161								91277		
ENERGA Operator	74677	ponad 184 tys. km								279		około 59 tys.
Enea Operator	58193	-	-	4615	16	35730	12380	33330	26983	-	238	36639
Tauron Dystrybucja	57069	258 tys. km								57 tys. szt.		

Dane na temat wskaźników dotyczących przerw w dostarczaniu energii elektrycznej przez OSD w Polsce

Wartości wskaźników dotyczących przerw w dostarczaniu energii elektrycznej przez OSD w latach 2012 ÷ 2014 zostały przedstawione na rysunkach 1 ÷ 6. Z kolei na rysunkach 7 ÷ 16 pokazane zostały wartości wskaźników SAIDI, SAIFI i MAIFI dla poszczególnych OSD w kolejnych latach. Na rysunkach 17 i 18 zaprezentowane zostały wartości wskaźników dotyczących przerw w zasilaniu dla całego kraju w latach 2011 ÷ 2014. Na wymienionych rysunkach zastosowano następujące skróty oznaczeń: bpk – bez przerw katastrofalnych, zpk – z przerwami katastrofalnymi, pl – planowane, npl – nieplanowane.

Z rysunków 1 ÷ 6 wynika, że w latach 2012 ÷ 2014, zarówno dla przerw planowanych jak i nieplanowanych najmniejsze wartości wskaźników SAIDI, SAIFI i MAIFI występują dla RWE Stoen Operator. Z pozostałych OSD, w przypadku przerw planowanych, najmniejsze wartości wskaźnika SAIDI występują dla ENERGA Operator, a następnie dla Enea Operator w latach 2012 i 2013 oraz Tauron Dystrybucja w roku 2014; zaś najmniejsze wartości wskaźnika SAIFI w latach 2012 ÷ 2014 występują dla ENERGA Operator, a następnie dla Enea Operator.

Z kolei, w przypadku przerw nieplanowanych, z pozostałych OSD, najmniejsze wartości wskaźników SAIDI występują dla Tauron Dystrybucja, a następnie dla ENERGA Operator; zaś najmniejsze wartości wskaźników SAIFI w latach 2012 i 2014 występują dla Tauron Dystrybucja, a następnie dla ENERGA Operator, podczas gdy w roku 2013 dla ENERGA Operator, a następnie Tauron Dystrybucja. Jeśli chodzi o przerwy krótkie, to najmniejsze wartości wskaźnika MAIFI, poza RWE Stoen Operator, występują dla Enea Operator, a następnie dla Tauron Dystrybucja.

Jak wynika z rysunków 7 i 8, w latach 2008 ÷ 2014 można zaobserwować tendencję malejącą dla wszystkich wskaźników w Enea Operator, poza wskaźnikiem MAIFI, który wykazuje tendencję w przybliżeniu stałą. W przypadku ENERGA Operator (patrz rys. 9 i 10) obserwuje się w latach 2011 ÷ 2014 tendencję malejącą dla wszystkich wskaźników, poza wskaźnikiem MAIFI, który wykazuje tendencję rosnącą. Z kolei, w przypadku PGE Dystrybucja w latach 2011 ÷ 2014 można zaobserwować, na podstawie rysunków 11 i 12, tendencję malejącą dla wszystkich wskaźników, poza wskaźnikiem SAIDI_bpk_pl, który wykazuje w przybliżeniu tendencję stałą. Jak wynika z rysunków 13 i 14, w latach 2008 ÷ 2014 dla RWE Stoen Operator można zaobserwować tendencję w przybliżeniu stałą dla wskaźnika SAIFI_bpk_pl, zmienną dla wskaźników SAIDI_zpk_npl, SAIFI_bpk_npl, SAIFI_zpk_npl oraz MAIFI, a także tendencję rosnącą dla wskaźników SAIDI_bpk_pl i SAIDI_bpk_npl. W przypadku Tauron Dystrybucja (patrz rys. 15 i 16) obserwuje się w latach 2012 ÷ 2014 tendencję malejącą dla wszystkich wskaźników, poza wskaźnikiem MAIFI, który wykazuje tendencję zmienną.

Z rysunków 17 i 18 wynika, że w latach 2011 ÷ 2014 dla Polski wszystkie wskaźniki wykazywały tendencję malejącą, poza wskaźnikami SAIDI_zpk_npl oraz MAIFI, które wykazywały tendencję zmienną.

Dane charakterystyczne sieci elektroenergetycznych analizowanych OSD

Dane charakterystyczne dla sieci elektroenergetycznych pięciu analizowanych, krajowych OSD zostały przedstawione w tabeli 1. Zestawiono dane dotyczące: zajmowanej powierzchni przez OSD, długości linii elektroenergetycznych różnych poziomów napięć oraz liczby stacji należących do OSD. Dla trzech OSD wystąpiły trudności z dostępem do szczegółowych danych dotyczących długości linii elektroenergetycznych oraz liczby stacji elektroenergetycznych, z podziałem na poszczególne poziomy napięcia. Wydaje się, że powierzchnia zajmowana

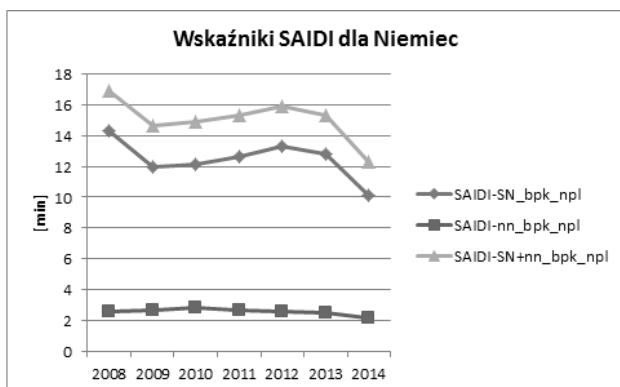
przez OSD i związana z tym całkowita długość sieci dystrybucyjnych SN i nn mają istotny wpływ na wartość wymienionych w artykule wskaźników.

Istotnym elementem wpływającym na niezawodność zasilania odbiorców energii elektrycznej jest poziom automatyzacji pracy sieci dystrybucyjnych. Z publikacji [3] wynika, że automatyzacja pracy sieci terenowych średniego napięcia, a w szczególności instalowanie wewnątrz tych sieci łączników sterowanych radiowo, jest istotnym czynnikiem wpływającym na niezawodność dostaw energii elektrycznej. Związane jest to ze skracaniem czasu trwania przerw w zasilaniu oraz zmniejszaniem liczby odbiorców objętych wyłączeniem zasilania. Z opisanych w [3] badań wynika, że wraz ze wzrostem liczby zainstalowanych w sieci SN łączników sterowanych radiowo zmniejsza się wartość wskaźnika SAIDI. Zauważono przy tym, że po przekroczeniu określonej liczby tych łączników w sieci, zwiększanie ich liczby nie wpływa w sposób znaczący na dalszą poprawę poziomu niezawodności dostawy energii elektrycznej (zmniejszenie wskaźnika SAIDI). Dlatego istotnym zagadnieniem jest prowadzenie badań mających na celu opracowanie metod pozwalających na określenie optymalnej liczby łączników sterowanych radiowo, instalowanych w sieciach terenowych SN.

O istotności tego zagadnienia świadczy też fakt, że w sprawozdaniu G-10.5 za rok 2016 [16] OSD będą musiały m.in. podawać dane na temat liczby zainstalowanych łączników do zdalnego sterowania (w tym łączników do automatycznych przełączeń) dla napięć WN, SN i nn. Informacje te nie podlegały dotychczas raportowaniu – patrz formularz sprawozdania [17].

Dane na temat wskaźników dotyczących długości przerw w dostarczaniu energii elektrycznej w Niemczech

Zgodnie z raportem [18], opublikowanym przez Federalną Agencję ds. Sieci (BNetzA), operatorzy sieci w Niemczech odnotowali w 2014 roku 173825 przerw w dostawie energii elektrycznej dłuższych niż 3 minuty. Wartości wskaźnika SAIDI dla odbiorców końcowych w latach 2008 ÷ 2014, wyznaczone dla przerw nieplanowanych - bez uwzględnienia przerw katastrofalnych, zostały pokazane na rysunku 19. Jak widać, główny wpływ na wartość wskaźnika SAIDI mają przerwy występujące w sieci SN (o średnim czasie trwania od 10 do trochę ponad 14 minut). Dla sieci nn średni czas trwania przerw jest o wiele mniejszy i wynosi od 2 do około 3 minut).



Rys. 19. Wartości wskaźników SAIDI dla Niemiec w latach 2008 ÷ 2014; opracowano na podstawie [18]

Wartości łącznego wskaźnika SAIDI dla innych, wybranych państw europejskich zostały podane m.in. w [19]; są one kilka razy większe niż w Niemczech. Dla prawie wszystkich wymienionych w [19] państw wskaźnik SAIDI dla

przerw nieplanowanych - bez uwzględnienia przerw katastrofalnych, ma wartość mniejszą od 100 minut.

Regulacja jakościowa

Zasady regulacji jakościowej w Polsce, dotyczącej mawianych w artykule OSD, zostały przedstawione w [20, 21]. Regulacja jakościowa została wprowadzona od 1 stycznia 2016 i będzie obejmować lata 2016 ÷ 2020. Model regulacji jakościowej został wprowadzony na zasadzie porozumienia między URE oraz OSD. W modelu tym zwrot z kapitału będzie określany za pomocą iloczynu wartości regulacyjnej aktywów, stopy zwrotu z zainwestowanego kapitału, wskaźnika jakościowego oraz tzw. wskaźnika eksperckiego prezesa URE [21].

Wskaźnik jakościowy będzie równy maksymalnej wartości wynoszącej 1, gdy OSD osiągnie zadane przez URE wartości: wskaźnika SAIDI, wskaźnika SAIFI, wskaźnika czasu realizacji przyłączenia (CRP) odbiorcy do sieci i wskaźnika czasu przekazywania danych pomiarowych (CPD) sprzedawcom energii. Przy czym największy wpływ na wartość wskaźnika jakościowego będzie miał wskaźnik SAIDI. Punktem odniesienia mają być wartości wskaźników osiągnięte w roku 2014, a podstawą przeprowadzanej oceny wartości wskaźników osiągnięte w kolejnych latach. W przyjętym modelu przyjęto, że zakres dopuszczalnej tolerancji wartości wskaźników wynosi +5% w stosunku do ich wartości zadanych. Celem wprowadzanej regulacji jakościowej jest zmniejszenie wartości wskaźników o 50% w okresie 2016 ÷ 2020.

Z kolei, wskaźnik ekspercki [21] ma służyć do korygowania przychodów OSD w sytuacjach nadzwyczajnych, gdy na przykład nie jest możliwe osiągnięcie zadanych wartości wskaźników SAIDI lub SAIFI, ze względu na wystąpienie siły wyższej. Wartość wskaźnika eksperckiego będzie nie mniejsza niż 1.

Zgodnie z przyjętymi założeniami, regulacja jakościowa znajdzie swoje odzwierciedlenie w sytuacji finansowej OSD po raz pierwszy w roku 2018 (w taryfach na ten rok), gdyż obiektywnej ocenie zostaną poddane dane za rok 2016, a sama ocena zostanie wykonana w roku 2017. Przy czym wartość wskaźnika czasu przekazywania danych pomiarowych (CPD) sprzedawcom energii zostanie określona po raz pierwszy na rok 2018.

W przyjętym modelu regulacji jakościowej założono, że kara (obniżenie przychodu regulowanego) za niewykonanie zadanych wartości wskaźników jakościowych nie może wynosić więcej niż 2% przychodu regulowanego bazowego (tj. bez uwzględnienia wpływu regulacji jakościowej) skalkulowanego na dany rok taryfowy i jednocześnie wartości 15% kwoty zwrotu z kapitału w danym roku taryfowym [20].

Szczegółowe kwestie związane z regulacją jakościową w Polsce zostały opisane w [20].

Należy też wspomnieć o przewidzianej w ARegV (niemieckim rozporządzeniu dotyczącym regulacji bodźcowej sieci elektroenergetycznych) [22] regulacji jakościowej w Niemczech, związanej z odchyleniami wybranych wskaźników niezawodności zasilania odbiorców od wartości referencyjnej, wyznaczonej przez Federalną Agencję ds. Sieci dla wszystkich OSD. Wskaźnikami niezawodności zasilania, które mogą być brane pod uwagę w tym przypadku, są w szczególności [2, 22]: czas trwania przerw w dostawie energii, częstość przerw, ilość niedostarczonej energii, wysokość niepokrytej mocy. Dodatkowy zysk bądź strata OSD mogą być funkcją odchylenia wybranego wskaźnika niezawodności zasilania od wartości referencyjnej, liczby odbiorców końcowych energii elektrycznej oraz ceny jednostkowej związanej z zawadnością zasilania [2, 22].

Warto zaznaczyć, że zgodnie z [22] dla potrzeb regulacji jakościowej mogą być również wykorzystywane wskaźniki dotyczące zdolności przesyłowej (przepustowości) sieci. Mogą w tym celu być stosowane np. takie wskaźniki jak: częstość i czas trwania działań związanych z zarządzaniem „zatlóceniami” oraz częstość i czas trwania działań związanych z zarządzaniem energią generowaną w OZE.

Podsumowanie i wnioski końcowe

W referacie przeprowadzono analizę poziomu niezawodności zasilania odbiorców energii elektrycznej w elektroenergetycznych sieciach dystrybucyjnych. Poruszono następujące zagadnienia: wartości wskaźników dotyczących przerw w dostawie energii elektrycznej dla krajowych OSD oraz całego kraju, cechy charakterystyczne sieci elektroenergetycznych analizowanych OSD oraz automatyzacja pracy sieci dystrybucyjnych, wartości wskaźnika SAIDI dotyczącego długości przerw w dostarczaniu energii elektrycznej w Niemczech, regulacja jakościowa.

Należy podkreślić, że w latach 2012 ÷ 2014, zarówno dla przerw planowanych jak i nieplanowanych najmniejsze wartości wskaźników SAIDI, SAIFI i MAIFI występują dla RWE Stoen Operator. Warto zaznaczyć jest również fakt, że w przypadku wartości większości rozpatrywanych wskaźników (z wyjątkiem wskaźnika MAIFI), w ostatnich latach dla analizowanych OSD obserwuje się tendencję malejącą. Dzieje się tak również w skali całego kraju, z wyłączeniem wskaźników SAIDI_zpk_npl oraz MAIFI, które wykazywały tendencję zmienną. W dalszym ciągu jednak wartość wskaźnika SAIDI_bpk_npl jest dla RWE Stoen Operator kilka razy, a dla pozostałych OSD kilkanaście razy większa niż w Niemczech.

Wskazane byłoby podawanie przez OSD oddzielnych wskaźników dla poszczególnych poziomów napięć (SN i nn) oraz oddzielnych wskaźników dla różnych rodzajów sieci (sieć miejska i sieć wiejska) [2].

Istotnym elementem wpływającym na niezawodność zasilania odbiorców energii elektrycznej jest poziom automatyzacji pracy sieci dystrybucyjnych, a w szczególności instalowanie łączników zdalnie sterowanych [3].

Jednym z elementów poprawy niezawodności zasilania odbiorców ma być regulacja jakościowa, obejmująca OSD. Regulacja ta została wprowadzona w Polsce od 1 stycznia 2016 i będzie obejmować lata 2016 ÷ 2020. W przyjętym modelu regulacji brane będą pod uwagę osiągnane przez OSD wartości: wskaźnika SAIDI, wskaźnika SAIFI, wskaźnika czasu realizacji przyłączenia (CRP) odbiorcy do sieci i wskaźnika czasu przekazywania danych pomiarowych (CPD) sprzedawcom energii.

Autor dziękuje firmom PGE Dystrybucja S.A. i RWE Stoen Operator Sp. z o. o. za udostępnienie odpowiednich danych statystycznych. Autor kieruje również słowa podziękowania pod adresem Pani Agnieszki Maciejko za udostępnienie mu tłumaczenia fragmentu rozporządzenia ARegV [22].

Autor: prof. dr hab. inż. Mirosław Parol, Politechnika Warszawska, Instytut Elektroenergetyki, ul. Koszykowa 75, 00-662 Warszawa, E-mail: miroslaw.parol@ien.pw.edu.pl

LITERATURA

- [1] I Krajowy Raport Benchmarkingowy nt. jakości dostaw energii elektrycznej do odbiorców przyłączonych do sieci przesyłowych i dystrybucyjnych. Instytut Energetyki Jednostka Badawczo-Rozwojowa Oddział Gdańsk, (2009) (z inicjatywy i przy wsparciu URE)
- [2] Parol M.: Analiza wskaźników dotyczących przerw w dostarczaniu energii elektrycznej na poziomie sieci dystrybucyjnych. *Przegląd Elektrotechniczny*, 90 (2014), nr 8, 122-126
- [3] Kornatka M.: Automatyzacja pracy sieci średniego napięcia a poziom ich niezawodności. *Przegląd Elektrotechniczny*, 90 (2014), nr 8, 109-112
- [4] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 7 maja 2007 roku w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu elektroenergetycznego (Dz. U. Nr 93, poz. 623 z późniejszymi zmianami)
- [5] www.operator.enea.pl
- [6] www.energa-operator.pl
- [7] www.pgedystrybucja.pl
- [8] www.rwestoenoperator.pl
- [9] www.tauron-dystrybucja.pl
- [10] Dane na temat przerw w dostawie energii elektrycznej w latach 2008 ÷ 2012 w RWE Stoen Operator Sp. z o. o. lipiec (2013)
- [11] Kamrat W.: Zaopatrzenie Warszawy w energię elektryczną vs potencjalny stan wystąpienia deficytu mocy i energii elektrycznej. *XI Forum Operatorów Systemów i Odbiorców Energii i Paliw*, Warszawa, 3 grudnia (2014)
- [12] Statystyka Elektroenergetyki Polskiej 2012, Agencja Rynku Energii S.A., Warszawa (2013)
- [13] Statystyka Elektroenergetyki Polskiej 2013, Agencja Rynku Energii S.A., Warszawa (2014)
- [14] Statystyka Elektroenergetyki Polskiej 2014, Agencja Rynku Energii S.A., Warszawa (2015)
- [15] Dane na temat długości linii elektroenergetycznych oraz liczby stacji elektroenergetycznych na różnych poziomach napięć w PGE Dystrybucja S. A., sierpień (2015)
- [16] Sprawozdanie G-10.5 o stanie urządzeń elektrycznych za 2016 rok, Agencja Rynku Energii S.A., www.are.waw.pl
- [17] Sprawozdanie G-10.5 o stanie urządzeń elektrycznych za 2015 rok, Agencja Rynku Energii S.A., www.are.waw.pl
- [18] Monitoringbericht 2015; www.bundesnetzagentur.de
- [19] Versorgungsicherheit und Spannungsqualität in Deutschland. Fakten, VDE/FNN, Berlin, 2013; www.vde.com/de/fnn/dokumente/seiten/hinweise.aspx
- [20] Regulacja jakościowa w latach 2016 - 2020 dla Operatorów Systemów Dystrybucyjnych. Urząd Regulacji Energetyki, Warszawa, wrzesień (2015)
- [21] Regulację jakościową czas zacząć. Rozmowa Ireneusza Chojnackiego z Prezesem Urzędu Regulacji Energetyki Maciejem Bando, www.wnp.pl, 07.10.2015
- [22] ARegV – rozporządzenie dotyczące regulacji bodźcowej sieci elektroenergetycznych; www.gesetze-im-internet.de/aregv/